

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова**

**В. О. ПЕНЬКОВ**

## **МАЛІ ЕЛЕКТРОННІ ВІДДАЛЕМІРИ В БУДІВНИЦТВІ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з курсів

«ГЕОДЕЗІЯ», «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ», «ТОПОГРАФІЯ»

(для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання напрямку підготовки 6.060101 "Будівництво", напрямку підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» та для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання напрямку підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)



Харків  
ХНУМГ  
2013

**В. О. Пеньков.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсів «Геодезія», «Інженерна геодезія», «Топографія» (для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 "Будівництво", напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» та для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / В. О. Пеньков; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 34 с.

Автор: доц. В. О. Пеньков

Рецензент: проф., к. т. н. В. Д. Шипулін

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем та геодезії  
протокол № 5 від 21 грудня 2011 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ЛАЗЕРНІ ВІДДАЛЕМІРИ.....	4
2. БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ ЛАЗЕРНОЇ РУЛЕТКИ .....	6
2.1. Клавіатура .....	8
2.2. Дісплей .....	9
2.3. Елементи Leica Disto A5.....	10
2.4. Функції меню .....	11
3. ПІДГОТОВКА ДО ВИМІРЮВАНЬ .....	12
4. ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ.....	13
4.1. Пряме вимірювання відстані.....	13
4.2. Непряме вимірювання відстаней.....	15
4.3. Функціональні вимірювання.....	17
4.4. Збереження констант і використання пам'яті.....	18
4.5. Особливості вимірювань віддалеміром disto .....	19
4.6. Поєднання лазерної рулетки з теодолітом .....	19
5. ОСОБЛИВІ КОНСТРУКЦІЇ ЛАЗЕРНИХ РУЛЕТОК.....	22
6. ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ ВІДДАЛЕМІРІВ «DISTO».....	23
6.1. Лазерні рулетки при топографічних зніманнях.....	23
6.2. Визначення деформацій будівельних конструкцій .....	24
6.3. Застосування лазерного віддалеміра при реконструкції буді- вель і споруд.....	27
ДОДАТКИ.....	29
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	34

## ВСТУП

Лазерні геодезичні прилади, і зокрема, лазерні віддалеміри відіграють значну роль у забезпеченні сучасного рівня будівництва. В останній час їхнє застосування стало масовим. Учбовими планами напрямів підготовки 6.060101 "Будівництво" та 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» передбачено вивчення тем, присвячених електронним засобам геодезичних вимірювань на лекціях на 1 курсі та на лекціях і лабораторних роботах на 2 курсі.

Віддалемір Disto-A5 застосовується студентами ХНАМГ під час учбової геодезичної практики.

### 1. ЛАЗЕРНІ ВІДДАЛЕМІРИ

Лазери і засновані на них лазерні технології знайшли широке застосування в різних областях науки. Застосування лазерної техніки в геодезії стало останнім кроком на шляху проникнення лазерів в будівництво. Сьогодні застосування лазерних приладів при проведенні всіляких вимірювань і визначення положення будівельних елементів є нормою. Точність лазерів і їх функціональні властивості сильно полегшили трудомісткі операції. Лазерні прилади складають серйозну конкуренцію традиційним вимірювальним приладам і устаткуванню - нівелірам, рулеткам, рівням.

Застосування лазерів в будівництві як вимірювальних і геодезичних приладів обумовлене їхніми властивостями і характеристиками. Світловий промінь лазера має унікальні характеристики, яких не має жодне інше джерело світла. Світлова точка, що знаходиться на відстані декількох десятків метрів від лазера, має такий розмір, як початкова точка або, принаймні, її центр точно співпадає з центром самого лазерного променя. Це означає відсутність кривизни, що є характерним недоліком багатьох оптичних приладів.

Завдяки оптичній системі лазерний промінь може бути ущільнений, розщеплений на декілька промінів. При цьому кожний з них направлений у визначену, відмінну від інших, сторону. Таким чином, лазер може формувати одночасно декілька скоординованих точок, ліній, а також пробігати всі чотири сторони прямокутника

У середині 90-х років з'явилися прості в управлінні компактні ручні електронні віддалеміри. Ці прилади використовують ефект віддзеркалення електромагнітних коливань у оптичному діапазоні 1010-1012 кГц [5,6,7,9]

Конструктивно вдалим і дуже точним виявилися лазерні віддалеміри (рулетки) Disto швейцарської фірми «Leica». Діапазон дії: порядку 30 м на видиму при денному засвіченні лазерну пляму, на відбивні плівки, і в темноті до 100-180 м. Похибка вимірювань 1.5- 3 мм і не залежить від дальності.

Час формування показів дисплея від 1 до 10 с. залежить від віддаленості і кольору відбивної поверхні. Електроживлення 2- 4 батареї 1,5 В забезпечує 2-3 тис. вимірювань при температурі від - 10 до + 50°C.

Лазерні рулетки забезпечені зовнішнім портом RS-242, круглим рівнем,

допоміжним візиром.

Безвідбивні електронно-оптичні віддалеміри дозволяють виконувати вимірювання відстаней за новою технологією Direct Reflex, (DR) без установки призми безпосередньо у вимірюваній точці. Вимірювання без відбивача відкрили нові можливості зйомки одним виконавцем, істотно збільшивши продуктивність і якість його роботи і підвищивши рівень особистої безпеки.

В даний час у безвідбивних системах використовуються електронні віддалеміри двох типів: імпульсні, засновані на принципі безпосереднього вимірювання часу проходження сигналу до цілі і назад, і фазові віддалеміри, що діють по методу визначення різниці фаз сигналів. Оптичні схеми кожного з методів різні і відповідно мають свої переваги і недоліки. Кожен метод вимірювань призначений для вирішення конкретних задач і використовується в різних застосуваннях.

*В імпульсному віддалемірі* для визначення відстаней визначається точний час проходження імпульсу до цілі і назад (TOF). Імпульсний лазер генерує безліч коротких імпульсів в інфрачервоній області спектру, які прямують через зорову трубу до мети. Ці імпульси відбиваються від цілі і повертаються до приладу, де за допомогою електроніки визначається точний час проходження кожного імпульсу. Швидкість проходження світла крізь середовище може бути точно визначена. Тому, знаючи час проходження, можна обчислити відстань між ціллю і інструментом. Вимірювання за допомогою визначення часу проходження сигналу (TOF) звичайно мають не тільки найбільшу дальність, але і відповідають найвищим стандартам безпеки, оскільки інтервали між імпульсами перешкоджають накопиченню шкідливої для очей енергії.

Кожен імпульс - це одноразове вимірювання відстані. Оскільки кожен секунду можуть бути послані тисячі таких імпульсів, то за допомогою усереднювання результатів достатньо швидко досягається висока точність вимірювань. В ході вимірювання робиться близько 20000 лазерних імпульсів в секунду. Потім вони усереднюються для отримання точнішого значення відстані. Точність звичних імпульсних далекомірів звичайно декілька нижчі, ніж у фазових (до 10 мм). Деякі тахеометри з імпульсним далекоміром перед кожним вимірюванням повинні бути сфокусовані на ціль.

*Фазовий віддалемір* заснований на методі порівняння фаз сигналу. Він передає коаксіальний оптичний пучок з модульованою інтенсивністю, який відбивається від призми або іншої поверхні, що відбиває. Після цього визначається різниця фаз між переданим і відбитим прийнятим сигналом, по якій обчислюється відстань.

Метод вимірювання різниці фаз діє за принципом накладення на несучу частоту модульованого сигналу. Прилад вимірює постійний зсув фази, не дивлячись на неминучі зміни у випромінюваному і приймається сигналі. В результаті порівняння фаз опорного і одержуваного сигналу визначається тільки величина зрушення фази, а ціле число циклів залишається невідомим і не дозволяє відразу одержати відстань. Ця неоднозначність вирішується шляхом багаторазових вимірювань модуляції хвилі, внаслідок чого визначається унікальне ціле число циклів. Як тільки ціле число циклів визначене, відстань до мети

може бути обчислене дуже точно.

В основному, в методі TOF світловий імпульс використовується для безпосереднього вимірювання відстаней, тоді як в методі вимірювання різниці фаз використовується модульований світловий сигнал.

Потужність імпульсів в віддалемірах TOF в кілька разів вище, ніж потужність випромінювання фазових віддалемірів. Отже, при імпульсному методі, можливо вимірювати більші відстані (з призми або без), ніж при фазовому методі.

Імпульсний і фазовий методи відрізняються також чутливістю до переривання сигналу під час вимірювань, наприклад, при перетині променя транспортним потоком при роботі поряд з дорогою. Оскільки імпульсний метод об'єднує безпосереднє вимірювання часу проходження імпульсу з технологією обробки сигналів, то він виявляється менш чутливим до переривання сигналу, ніж фазовий метод. При вимірюванні фазовим методом переривання сигналу приводить до необхідності повторного визначення неоднозначності, але, кінець кінцем, також виявляється і виключається з вимірювань.

Вищий рівень енергії імпульсного методу дозволяє також виконувати вимірювання до вологих поверхонь на великих відстанях. Польові випробування показали, що *імпульсний* віддалемір дозволяє вимірювати відстані до мокрих поверхонь в два або більше разів далі, ніж фазовий віддалемір, особливо при вимірюваннях під кутом. Імпульсний метод також збільшує вірогідність вдалих вимірювань до поверхонь, що не відбивають і похилих, наприклад, до мокрого асфальту. У таких ситуаціях можливість вимірювань може послужити критерієм вибору віддалеміра. Крім того, швидкість вимірювань імпульсним методом дозволяє працювати в густому транспортному потоці.

Імпульсний метод також краще вимірює до вузьких об'єктів, таких як кабелі і повітряні дроти. Навіть сама можливість таких вимірювань вже може послужити підставою для використання цього методу.

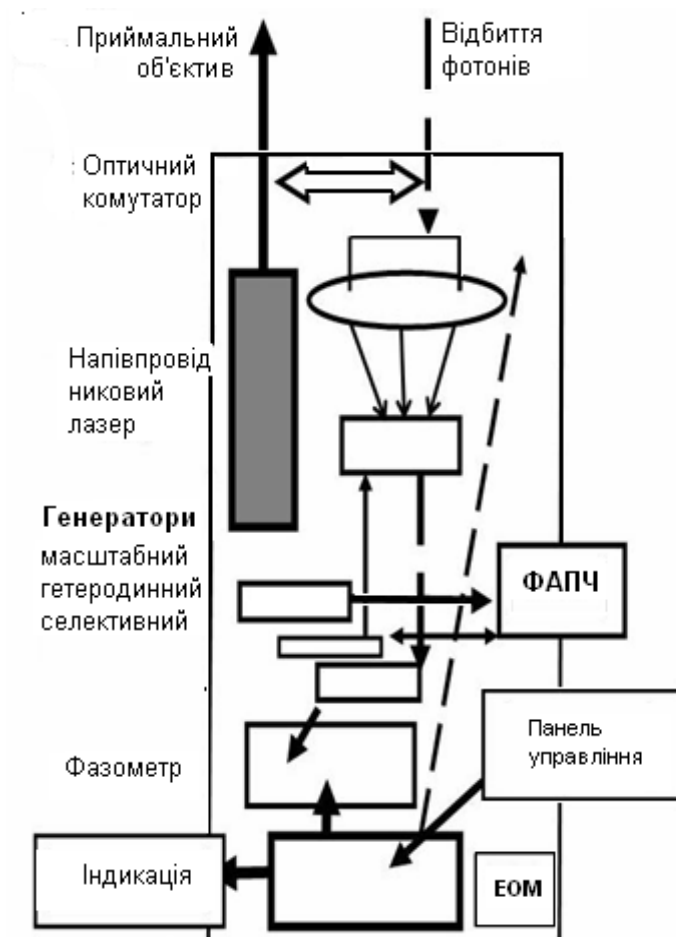
Першими визнали перевагу «безвідбивних» віддалемірів будівельники і експлуатаційники, яким важливе оперативне і точне вимірювання довжин без зупинки основних технологічних процесів [1, 7, 14 і ін.].

## 2. БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ ЛАЗЕРНОЇ РУЛЕТКИ DISTO

У моделях Disto електричний сигнал кварцового генератора імпульсами частоти 50 МГц збуджують напівпровідниковий рубіновий лазерний діод 620-690 нм класу 2 по ІЕС825. Оптика лазера колімує вузький фотонний потік на дистанцію до шуканого предмету (рис. 1, а). Дифузно відображене предметом світло повертається в приймальний об'єктив приладу, де внутрішні перетворювачі формують вихідні сигнали на дисплей і в пам'ять. Для показів дальності можна вибирати дискретність 0,01; 0,005 або 0,001 м.

При вимірюванні відстані клавішами 1 або 2 (рис. 1, б) включають лазер. У момент наведення лазерної плями на ціль з повторним натисненням тієї ж клавіші через 1-2 с виміряє дальність. Решта клавіш пульта служать для програмного обчислення, виклику даних з оперативної пам'яті [13].

## Загальна будова



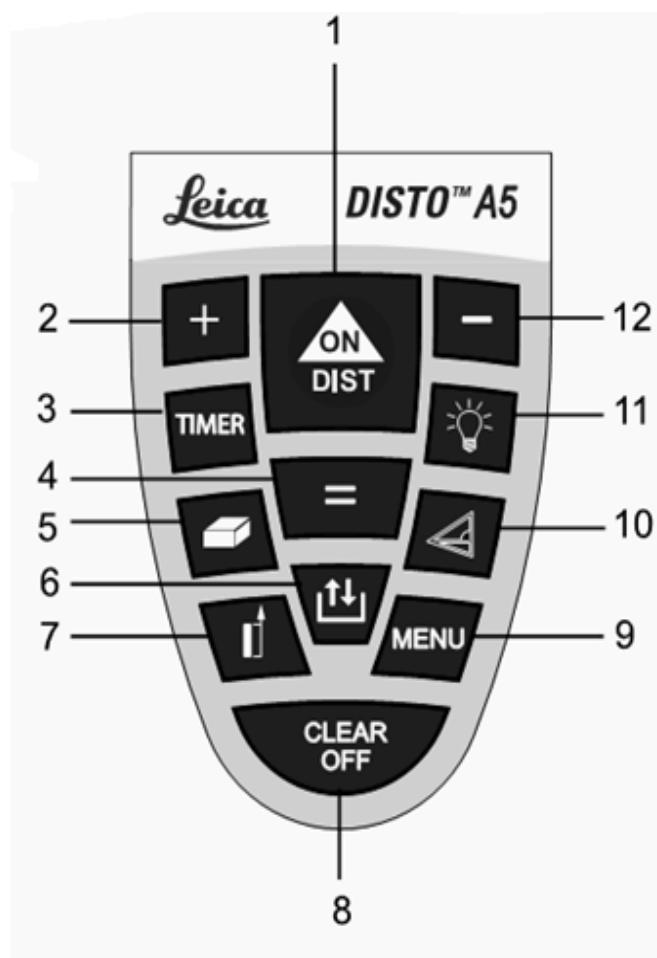
а – загальна будова;



б – дісплей і пульт управління

Рис. 1 – Лазерна рулетка Disto

## 2.1. Клавіатура

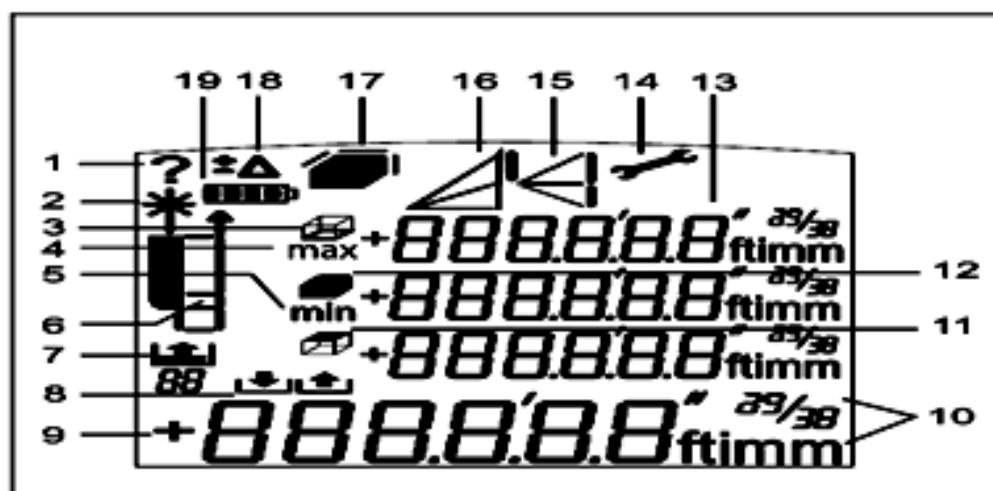


<b>1</b>	<b>ON/DIST</b> (включи-ти/зміряти)	<b>7</b>	<b>REFERENCE</b> (точка відліку)
<b>2</b>	<b>[+]</b> (плюс)	<b>8</b>	<b>CLEAR / OFF</b> (стерти/викл.)
<b>3</b>	<b>TIMER</b> (таймер)	<b>9</b>	<b>MENU</b> (меню)
<b>4</b>	<b>[=]</b> (дорівнює)	<b>10</b>	<b>INDIRECT MEASUREMENT</b> (непрямі вимірювання)
<b>5</b>	<b>AREA/VOLUME</b> (площа/об'єм)	<b>11</b>	<b>ILLUMINATION</b> (підсвічування)
<b>6</b>	<b>STORAGE</b> (пам'ять)	<b>12</b>	<b>[-]</b> (мінус)

Рис. 2 – Клавіатура



## 2.2. Дісплей



1	Інформація про похибку	11	Площа стелі
2	Лазер включений	12	Площа стіни результати
3	Периметр	13	Результати
4	Максимальне значення безперервного вимірювання	14	Помилка приладу
5	Мінімальне значення безперервного вимірювання	15	Непрямі вимірювання (функція Піфагора)
6	Точка відліку вимірювань (REFERENCE STAND)	16	Непрямі вимірювання (функція Піфагора)
7	Виклик пам'яті	17	Площа / Об'єм
8	Збереження констант	18	Установка заданої постійної величини (OFFSET)
9	Головний рядок	19	Стан елементів живлення
10	Одиниці вимірювання (UNIT) з указ. ступеню ( <sup>1<sup>st</sup></sup> )	20	

Рис. 3 – Дісплей

### 2.3. Елементи Leica Disto A5

Прилад дозволяє виконувати лінійні вимірювання відстані від 0,05 до 200 м. з точністю  $\pm 1.5$  мм. Завдяки унікальній позиційній скобі, численним додатковим функціям, вбудованому рівню і вбудованому оптичному візиру легко і якісно виробляти вимірювання в будь-яких ситуаціях [ 13 ].

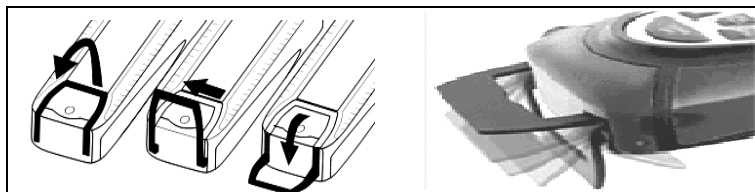


Рис. 4 – Позиційна скоба в різних положеннях



Рис. 5 – Використовування оптичного візиру

Застосування позиційної скоби приладу (рис. 4)

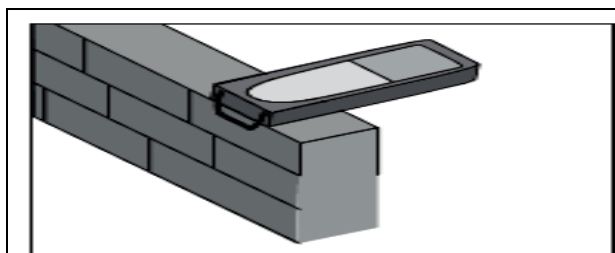


Рис. 6 – Скоба перпендикулярна подовжній осі приладу

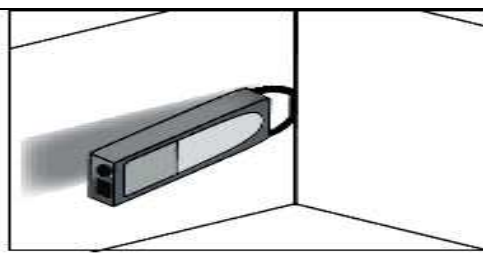


Рис. 7 – Скоба паралельна подовжній осі приладу

Приладом можна виконувати вимірювання декількома способами:

1. Для вимірювання від *нижньої* площини приладу встановити скобу перпендикулярно до моменту її фіксації в цьому положенні (рис. 6).
2. Для вимірювання з *внутрішніх кутів*, розвернути позиційну скобу паралельно подовжній осі приладу (до моменту її фіксації), злегка натиснувши на неї управо (рис. 4 і 7).

Вбудований в прилад датчик автоматично визначить положення позиційної скоби і враховуватиме його при подальших вимірюваннях відстаней.

*Вбудований оптичний візир*

Прилад оснащений оптичним візиром, який розміщений на його правій

стороні (рис. 5).

Оптичний візор особливо потрібен при проведенні вимірювань до віддалених об'єктів. Він допомагає чіткіше розглянути об'єкт, до якого виконується вимірювання (ціль), маючи 2-х кратне збільшення. Для відстаней понад 30 м лазерна пляма знаходитиметься в перехресті візиру. На відстанях до 25 м лазерна пляма буде зміщена від перехрестя, що цілком нормально.

### *Інтегрований рівень*

Інтегрований в прилад бульбашковий рівень дозволяє орієнтувати прилад горизонтально.

## **2.4. Функції меню**

### *1. Попереднє налаштування*

Меню дозволяє вибрати різні установки приладу, які зберігаються в його пам'яті після виключення живлення.

### *2. Робота з меню приладу (рис.2)*

1. Натиснути MENU - клавішу 9 кілька разів для вибору опції, яку необхідно змінити.
2. Коли бажана опція меню з'явиться на дисплеї, підтвердити вибір натисненням [=] - клавіші 4
3. Подальшу зміну вибраної опції здійснювати з допомогою [+] - клавіші 2 або [-] - клавіші 12
4. Підтвердити зміну натисненням [=] - клавіші 4.
5. Для виходу з меню без збереження змін в установках приладу, натиснути CLEAR - клавішу 8.

### *3. Вибір одиниці вимірювання*

("UNIT" мерехтить на дисплеї.)

В умовах України можливі одиниці вимірювання:

Відстань	Площа	Об'єм
0.000 m	0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>
0.00 m	0.00 m <sup>2</sup>	0.00 m <sup>3</sup>
0 mm	0.000 m <sup>2</sup>	0.000 m <sup>3</sup>

### *4. Підготовка для вимірювання з урахуванням заданої постійної величини (функція OFFSET)*

При завданні функції OFFSET певного значення, воно автоматично додаватиметься до ВСІХ вимірювань (або відніматиметься від них). При застосуванні цієї функції необхідно враховувати, що в цьому випадку вимірювання виконуватимуться з деякою додатковою похибкою.

1. Вибрати функцію меню 18 OFFSET- ("OFFSET" мерехтітиме на дисплеї)
2. Підтвердити вибір натисненням EQUAL - клавіші 4 (рис.3 ).
3. Встановити значення функції OFFSET з допомогою [+] - клавіші 4. Утримуючи цю клавішу натиснутою, можна збільшувати (зменшувати) значення швидше.
4. Після введення потрібного значення, підтвердити вибір натисненням [=] - клавіші 4. Протягом всього часу дії функції OFFSET- 18 відповідний символ буде видний на дисплеї.

#### 5. Підготовка для вимірювання з використанням штатива

Застосування штатива допомагає уникнути небажаних переміщень приладу під час вимірювання великих відстаней. На задній поверхні приладу є стандартний різьбовий отвір для гвинта фотоштатива.

1. Для правильного застосування цієї опції, необхідно задати відповідну точку відліку для приладу.
2. Вибрати функцію меню (рис.3) TRIPOD ( "triPod" мерехтітиме на дисплеї).
3. Підтвердити свій вибір натисненням EQUAL - клавіші 4 (рис. 2) .

#### 6. Повернення до заводських установок (RESET)

Якщо вибрана в меню функція RESET (RESET мигатиме на дисплеї) і натиснути [=] - клавішу 4 (рис.2), то прилад повернеться до заводських установок.

**УВАГА!** Після виконання **RESET** всі діючі установки і збережені дані будуть видалені.

### 3. ПІДГОТОВКА ДО ВИМІРЮВАНЬ

#### 1. Включення і відключення

##### **Включити:**

1. Натиснути ON - клавішу 4 короткочасно. Символ батареї відображатиметься на дисплеї до наступного натиснення якої-небудь клавіші (рис. 2).

##### **Вимкнути:**

1. Натиснути і утримувати OFF - клавішу 8 .

Якщо з приладом не виконується ніяких дій, то через **3** хвилини автоматично вимкнеться лазерний промінь. Прилад повністю вимикається через **6** хвилин, якщо протягом цього часу жодна кнопка не була натиснута. Дана опція передбачена для максимального збільшення терміну служби елементів живлення.

#### 2. Відміна результату ( CLEAR )

Натискаючи CLEAR - клавішу 8 можна відмінити (стерти) результат останнього вимірювання.

В процесі вимірювання площ, об'ємів і т.д., кожне проміжне вимірювання може бути послідовно відмінене і виміряне наново.

### 3. Підсвічування дисплея

Для включення (виключення) підсвічування дисплея потрібно натиснути клавішу 11 - ILLUMINATION.

### 4. Установка точки відліку вимірювань

Якщо позиційна скоба розгорнена, прилад розпізнає її положення і враховуватиме при подальших вимірюваннях. За умовчанням прилад виконує вимірювання від його нижньої поверхні.

### 5. Зміна установки точки відліку вимірювань

Натискаючи REFERENCE - клавішу 7, установку змінюють так, що наступне вимірювання буде виконано від *верхньої* поверхні приладу.

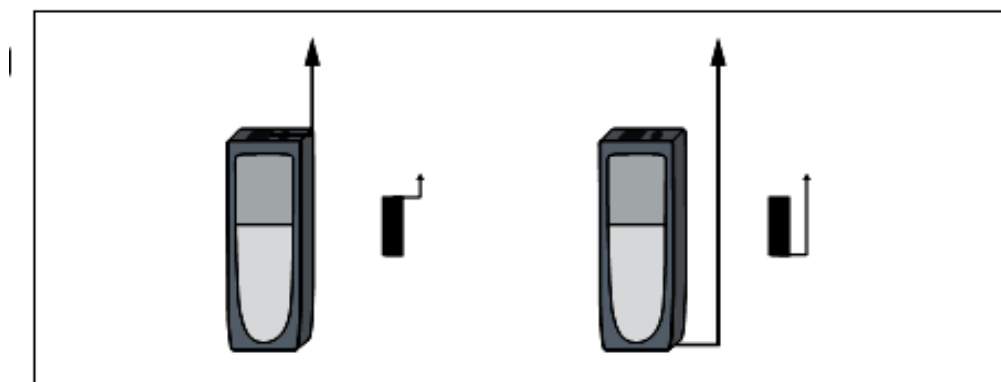


Рис. 8 – Зміна установки точки відліку вимірювань

Після цього прилад автоматично повертається до вимірювання від своєї *нижньої* частини (рис. 8).

6. Для установки відліку приладу від його *верхньої* поверхні **постійно** необхідно:

1. Натиснути на декілька секунд REFERENCE - клавішу 7.
2. Ще раз натиснути на декілька секунд REFERENCE - клавішу 7, щоб повернути прилад до відліку відстаней від його нижньої поверхні.

## 4. ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ

### 4.1. Пряме вимірювання відстані (рис. 1)

#### 4.1.1. Просте вимірювання відстані (рис. 1)

1. Натискаючи DIST - клавішу 1 включити лазер.
2. Направити прилад на об'єкт (ціль), відстань до якого необхідно зміряти.
3. Натиснути DIST - клавішу 1 ще раз. Зміряна відстань у вибраних одиницях вимірювання негайно з'явиться на дисплеї.

#### 4.1.2. Вимірювання мінімальних/максимальних відстаней

Ця функція дозволяє вимірювати мінімальні або максимальні відстані від зафіксованої точки, а також визначати інтервали відстаней (Рис. 8).

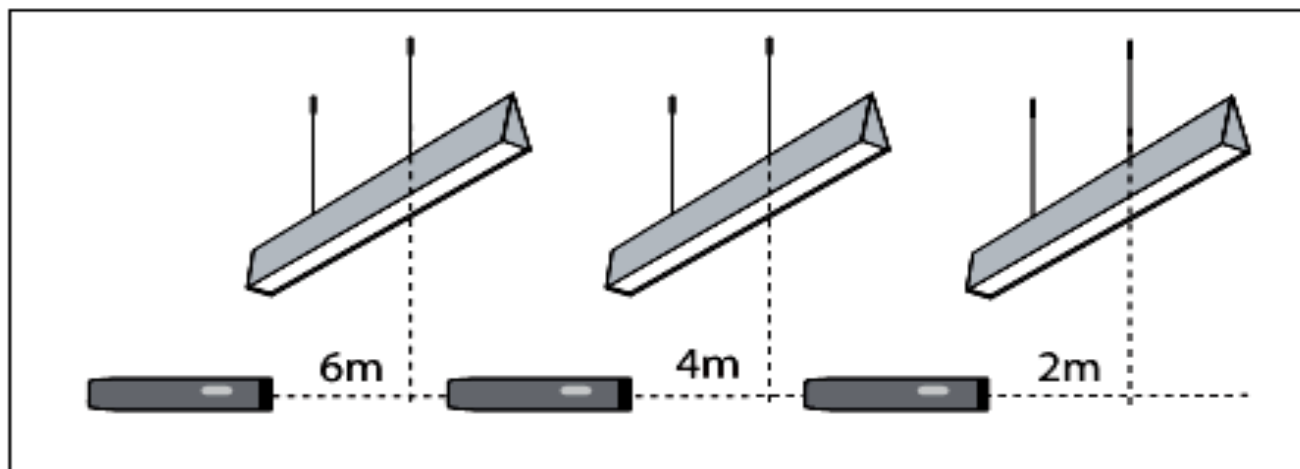


Рис. 9 – Визначення інтервалів відстаней

Найчастіше ця функція використовується для вимірювання діагоналей (максимальні значення) або горизонтальних відстаней до вертикальної поверхні (мінімальне значення).

1. Натиснути і утримувати DIST - клавішу 1 до появи звукового сигналу, що сигналізує, що прилад знаходиться в режимі безперервного вимірювання.

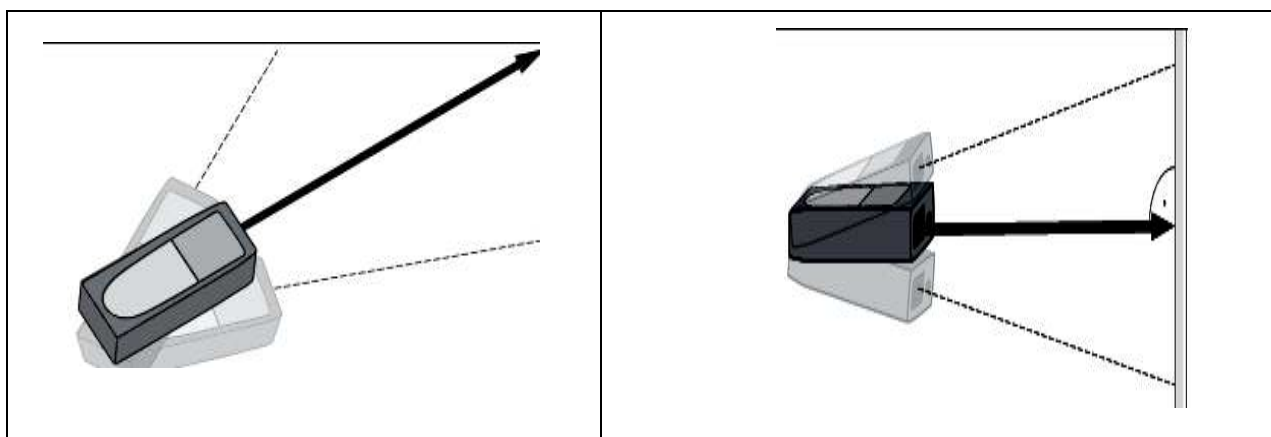


Рис. 10 – До вимірювання мінімальних і максимальних відстаней

2. Потім повільно переміщати лазерний промінь (рис. I,J) відповідно вліво - управо або, наприклад, вгору і вниз в районі цілі - (наприклад, в кутку приміщення).
3. Натиснути DIST - клавішу 1 ще раз, і режим безперервного вимірювання буде відключений. Значення максимальної і мінімальної відстані будуть відображені на дисплеї.

Результат останнього вимірювання буде також відображений в головному рядку дисплея.

#### 4.1.3. Складання або віднімання результатів (рис.2)

Прилад дозволяє скласти або відняти два або більш результату вимірювань.

Для цього виконують наступні дії:

1. Вимірювання [+/-] Вимірювання [+/-] Вимірювання [+/-]... [=] Результат
2. Натиснення на [=] - клавішу 4 означає кінець послідовних дій і результат з'явиться в головному рядку на дисплеї.
3. Проміжне значення також буде відображене.
4. Натискаючи CLEAR - клавішу 8 можна відмінити останню операцію.

Аналогічні дії виконати при послідовному вимірюванні об'ємів і площ.

## 4.2. Непряме вимірювання відстаней

Прилад може обчислювати відстані, використовуючи алгоритм теореми Піфагора. Використовування цього методу особливо корисне, коли відстані, що підлягають вимірюванню знаходяться у важкодоступній або потенційно небезпечній області. Це метод застосовується для приблизної оцінки відстаней. Його точність нижча, ніж при прямих вимірюваннях. Всі цілі для виконання вимірювань повинні бути в одній вертикальній або горизонтальній площині.

Найкращий результат досягається, якщо в процесі вимірювань прилад повертати навколо фіксованої точки (наприклад, позиційна скоба повністю розгорнута і прилад утримується біля стіни).

Рекомендується використовувати функцію «Вимірювання мінімальних/максимальних відстаней», яку можна викликати тривалим натисненням клавіші 1 - DIST.

*Мінімальне значення* використовується для вимірювання перпендикулярів до цілі.

*Максимальне значення* використовується для інших вимірювань. Використовування цієї функції значно підвищує точність вимірювань.

#### 4.2.1. Визначення відстані по двох точках (рис. 10)

1. Натискати клавішу 10 - PYTHAGORAS, поки відповідний символ не з'явиться на дисплеї. Миготлива піктограма відстані, що підлягає вимірюванню з'явиться на дисплеї.
2. Виконати відповідні вимірювання. Результати обчислення і проміжних значень з'являться на дисплеї.

**Дуже важливо** виконати друге вимірювання, строго витримуючи прямий кут між променем лазера і відрізком, довжину якого побічно вимірюють. Рекомендується тривало натиснути клавішу 1 - DIST для використання в цьому випадку функції "Вимірювання мінімальних відстаней".

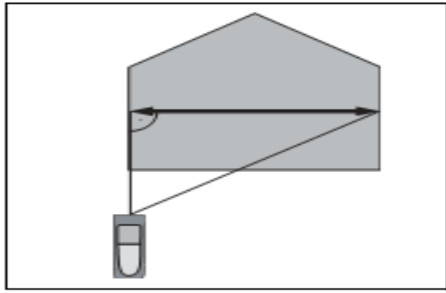


Рис. 11 – Визначення відстані по двох точках

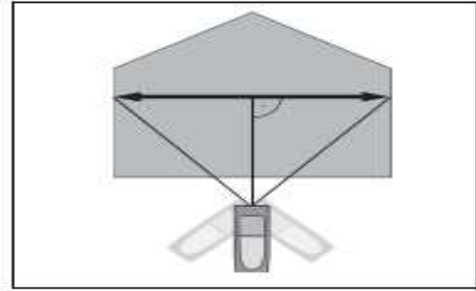


Рис. 12 – Обчислення відстані по трьох точках

#### 4.2.2 . Обчислення відстані по трьох точках (рис. 12)

1. Натиснути клавішу 10 - PYTHAGORAS, поки відповідний символ не з'явиться на дисплеї. Миготлива піктограма відстані, що підлягає вимірюванню з'явиться на дисплеї.
2. Виконати відповідні вимірювання. Результати обчислення і проміжних значень з'являться на дисплеї.

**Дуже важливо** виконати друге вимірювання, строго витримуючи прямий кут між променем лазера і відрізком, довжину якого побічно вимірюють. Рекомендується тривало натиснути клавішу 1 - DIST для використання в цьому випадку функції "Вимірювання мінімальних відстаней".

#### 4.2.3. Визначення частини висоти по трьох точках (рис. 13)

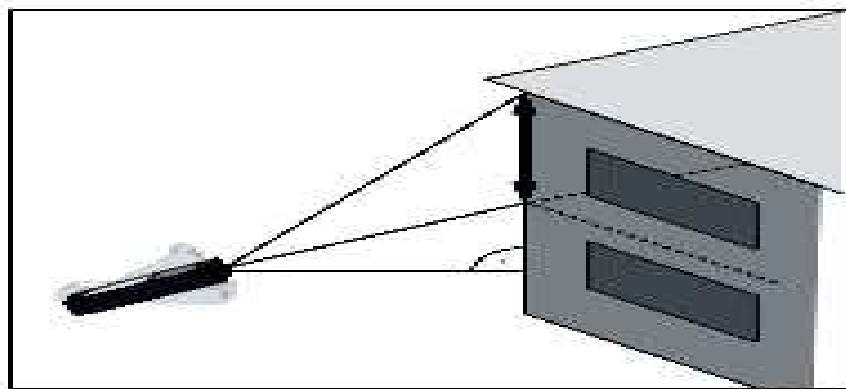


Рис. 13 – До визначення частини висоти по трьох точках

1. Натискати клавішу 10 - PYTHAGORAS - поки відповідний символ не з'явиться на дисплеї. Миготлива піктограма відстані, що підлягає вимірюванню з'явиться на дисплеї.
2. Виконати відповідні вимірювання. Результати обчислення і проміжних значень з'являться на дисплеї.



**Дуже важливо** виконати третє вимірювання, строго витримуючи прямий кут між променем лазера і відрізком, довжину якого побічно вимірюють. Рекомендується тривало натиснути клавішу 1- DIST - для використання в цьому випадку функції "Вимірювання мінімальних відстаней".

### 4.3. Функціональні вимірювання

#### 1. Вимірювання площі (Рис.2)

1. Натиснути AREA/VOLUME - клавішу 5 один раз. Відповідний символ буде відображений на дисплеї.
2. Після того, як обидва вимірювання будуть виконані, результат обчислення площі автоматично з'явиться в головному рядку дисплея.
3. Для обчислення іншої площі, натиснути AREA/VOLUME - клавішу 5 раз.

#### 2. Вимірювання периметра

1. Для установки функції обчислення периметра 3 (Рис.3) натиснути на декілька секунд клавішу 5 (Рис.2) - AREA/VOLUME .
2. Щоб повернутися до функції обчислення площі натиснути AREA/VOLUME - клавішу 5 на декілька секунд ще раз.

#### 3. Вимірювання сторін при обчисленні площі по частинах

1. Вибрати режим вимірювання площі (рис. 2)
2. Натиснути PLUS - клавішу (A,2) або MINUS - клавішу 12 до початку вимірювання першої частини першої сторони.
3. Продовжити дії натисненням на DIST - клавішу 1. На дисплеї з'явиться символ складання або віднімання відповідно.
4. Виконати вимірювання першої частини сторони.
5. Натиснути PLUS - клавішу 2 або MINUS - клавішу 12 і виконати вимірювання другої частини. Необмежена кількість частин можуть бути додані (відняті) при вимірюванні сторони.
6. Щоб закінчити вимірювання першої сторони, натиснути EQUAL - 4.
7. Друга сторона може бути також зміряна по частинах аналогічно. Результат обчислення площі з'явиться в головному рядку дисплея .

#### 4. Визначення об'ємів (Рис.2)

1. Натиснути клавішу 5 - AREA/VOLUME двічі для установки режиму вимірювання об'єму. Відповідний символ буде відображений на дисплеї.
2. Виконати всі три вимірювання. Після того, як всі три вимірювання будуть виконані, результат обчислення об'єму автоматично з'явиться на дисплеї.
3. Натиснути клавішу 5 - AREA/VOLUME на декілька секунд, для того, щоб одержати додаткову інформацію про вимірюване приміщення: площа підлоги (стелі), площа поверхні стін, периметр.

4. Ще раз натиснути клавішу 5 - AREA/ VOLUME на декілька секунд щоб повернутися до попереднього виміряного об'єму.
5. Щоб виміряти інший об'єм необхідно натиснути клавішу 5 - ще раз.

#### **4.4. Збереження констант і використання пам'яті**

##### *1. Збереження констант (рис.2)*

В роботі буває необхідне зберігати і використовувати значення величин, що часто вживаються, наприклад висоту приміщення.

1. Зміряти відстань, значення якого вимагається зберегти.
2. Натиснути і утримувати клавішу 6 - STORAGE, поки прилад звуковим сигналом не підтвердить її збереження в пам'яті.

##### *2. Виклик константи з пам'яті*

1. Натиснути клавішу 6 - STORAGE для виклику константи з пам'яті. Її значення можна використовувати для подальших обчислень, натиснувши клавішу 4 - EQUAL

##### *3. Зміна значення вимірювання*

Зміряне значення може бути виправлене вручну.

1. Якщо натиснути клавішу 4 - **EQUAL** - цифри значення вимірювання почнуть мерехтіти на дисплеї.
2. Їх можна змінити, використовуючи клавішу 2 **PLUS** або клавішу 12 - **MINUS**.
3. Повторним натисненням **EQUAL** - клавіші 4 підтвердити змінене значення. Нове значення може бути збережене, як звична константа.

##### *4. Пам'ять*

1. Натиснувши клавішу 6 - STORAGE двічі короткочасно можна проглянути 20 значень (вимірювань або результатів обчислень) в зворотному порядку.
2. Використовуючи клавішу **PLUS** і клавішу **MINUS** можна проглянути вміст пам'яті.
3. Натисненням клавіші **EQUAL** можна використовувати вибраний результат для подальших обчислень.

##### *5. Таймер*

1. Для установки потрібного часу затримки вимірювання (5 - 60 сік) натиснути і утримувати клавішу 3 - **TIMER** .
2. Натиснути клавішу 1- **DIST**. Як тільки клавіша буде відпущена, на дисплеї відображатиметься час (у сек), що залишився до початку вимірювання. Останні 5 секунд відлік супроводжується *звуковим сигналом*.
3. Після того, як прозвучить останній сигнал, прилад виконає вимірювання.

## *6. Виключення звукового сигналу*

Натиснути клавіші 9 - MENU і 12 - MINUS одночасно на 4 сек.

### **4.5. Особливості вимірювань віддалеміром Disto**

#### *Умови вимірювань*

Максимальне відхилення точності вимірювання можливе за несприятливих умов навколишнього середовища, таких як яскраве сонячне світло або вимірювання до дуже нерівних поверхонь і до поверхонь з дуже низькою відбивною здатністю. Для відстаней понад 30 м максимальне відхилення результату вимірювання може зрости до  $\pm 10$  мм.

#### *Дальність вимірювання*

Вночі, у сутінках, або якщо об'єкт, до якого виконується вимірювання затінений, дальність вимірювання без візирної пластини може бути збільшена. Застосовують візирну пластину для збільшення дальності вимірювання протягом світлового дня, або якщо об'єкт, до якого виконується вимірювання, має погану відбивну поверхню.

#### *Поверхні, до яких виконується вимірювання*

Можливі помилки, якщо вимірювання виконується до безбарвних прозорих поверхонь (наприклад, поверхні води), незапорошеного скла та до глянсових поверхонь. Час вимірювання до дуже темних поверхонь та до поверхонь з поганою відбивною здатністю може збільшуватися.

#### *Запобіжні засоби*

Не піддавати прилад прямій дії води. Періодично протирати прилад м'якою вологою серветкою. Не застосовувати миючі розчини і реактиви. Догляд за оптикою приладу повинен бути як для оптики фотоапаратів.

### **4.6. Поєднання лазерної рулетки з теодолітом**

Істотним недоліком лазерних портативних електронних рулеток є нестійке ручне націлювання лазерної плями і його зовнішнє засвічення. У денний час пляму не видно вже на 20-30 м. Для зменшення впливу цих чинників необхідно закріплювати корпус віддалеміра до нерухомої підстави, краще до геодезичного приладу - теодоліту або нівеліру.

У разі кріплення Disto до зорової труби за межами колонки теодоліта (рис.14, а) істотна маса рулетки вимагає противаги. Можлива адаптація віддалеміра над містком колонки теодолітів (рис. 2, б), проте довести лазерну пляму на шуканий предмет вдасться, тільки спостерігаючи їх в полі зорової труби.

У будівельно-монтажних роботах раціональним є кріплення лазерної рулетки Disto до корпусу зорової труби теодолітів Т30 - Т15, або нівеліра Н-3.., які призначені для зйомок і розмічування в радіусі до 100-200 м. Це дає переваги перед іншими способами кріплення. З'єднанням служить перехідна пластина з гвинтами до корпусу рулетки і до гнізд на корпусі труби, для візиру або рівня (рис. 14 в).

Деяка незручність виникає при знятті показань дисплея: оператор вимушений підійматися над теодолітом, тому для бічного доступу до пульта і огляду дисплея слугить з'єднання кутковим елементом (рис. 14 , г).

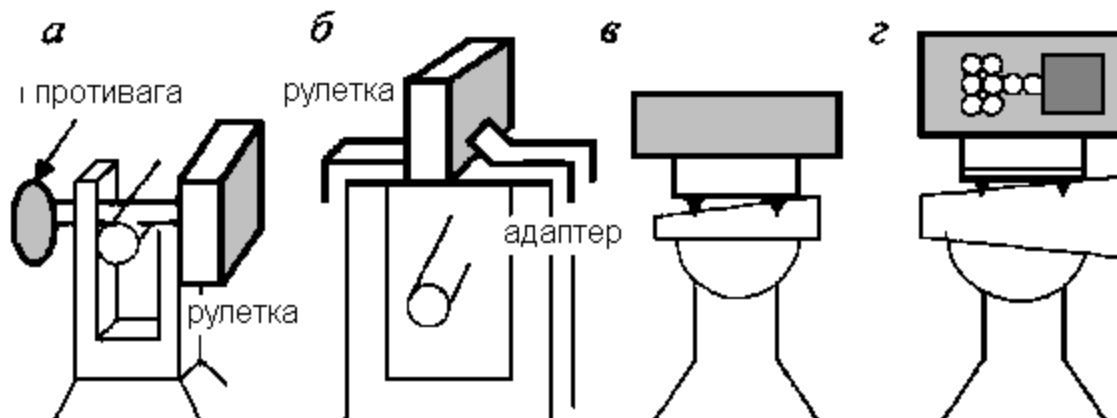


Рис. 14 – Адаптація лазерної рулетки:  
а, б - до теодолітів серії 2Т; в, г - до теодоліта 4Т30П

*У поєднанні лазерної рулетки з теодолітом необхідно:*

- забезпечити паралельність осі лазерного пучка і візирної осі теодоліта;
- встановити приладову поправку, порівнявши суму промірів створів АВ + ВС з результатом загального проміру АС;
- контролювати прямі і зворотні вимірювання довжини ліній по ходу.
- якщо діапазон роботи рулетки менше довжини шуканого відрізка, його розбивають на частини (як по загальному створу, так і вимірюючи кути нестворності, рис.15 );
- періодично знімати змонтовану при одному крузі лазерну рулетку, вимірюючи кути при двох положеннях вертикального круга.

Найбільш ефективна лазерна рулетка прикріплена до теодоліта або до нівеліра для детальних зйомок і розмічувань там, де особливо важлива точність вимірювання довжин і значні об'єми вимірювань. [ 5, 6].

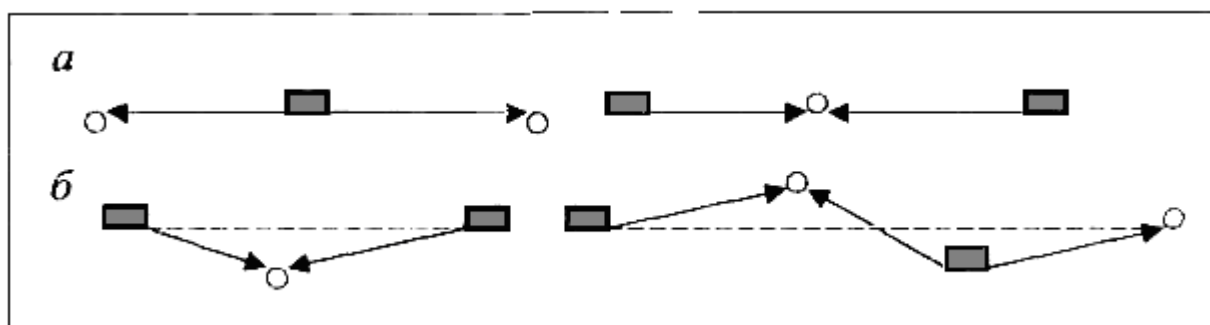


Рис. 15 – Вимірювання лазерною рулеткою довгих ліній по частинах

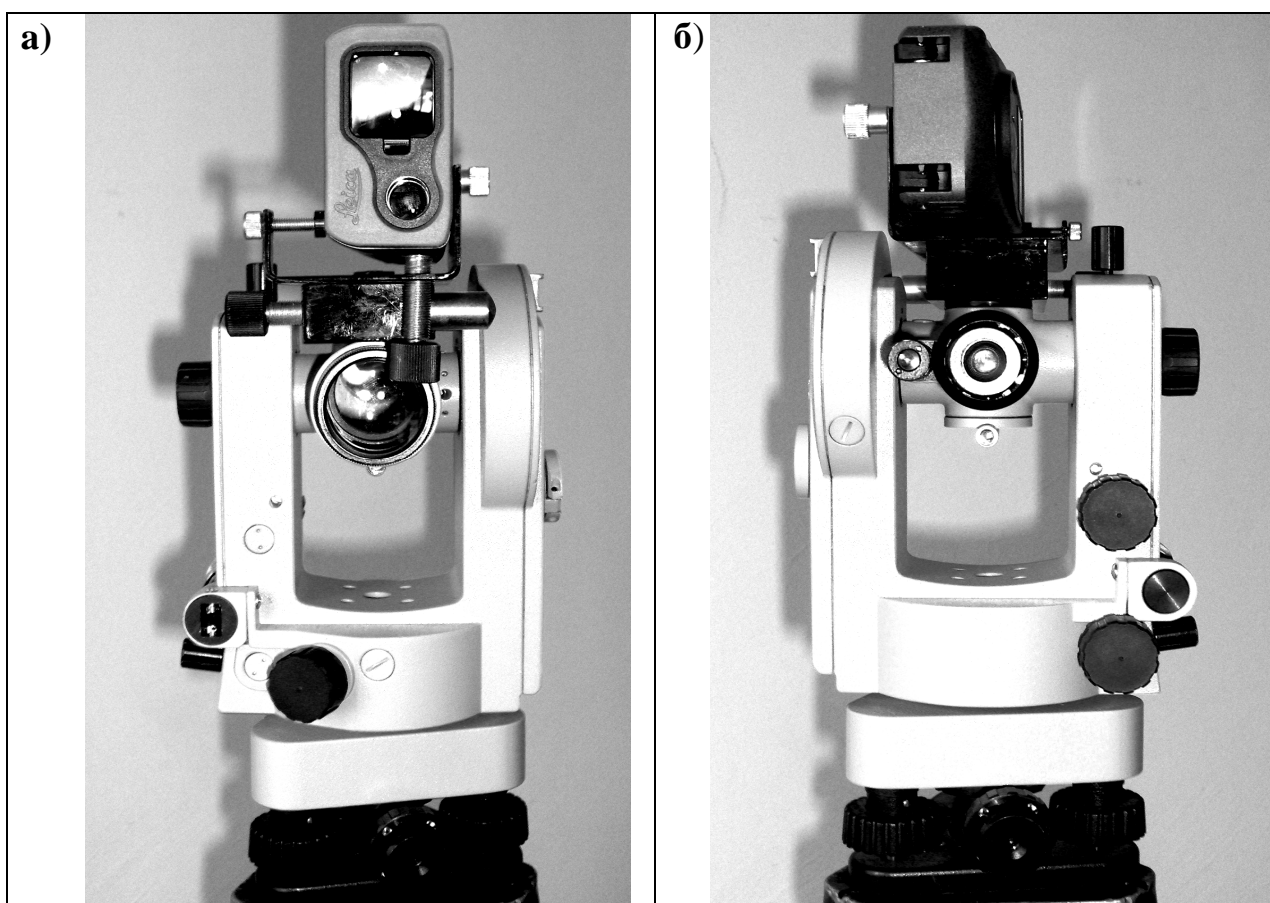
Обмеження через щільність забудови існуючих будівель, рухомого транспорту або будівельних агрегатів такі, що реальний радіус видалення шуканих цілей рідко перевищує 50- 60 м.

У житловому господарстві, промисловому і цивільному будівництві, тим

більше в транспортних потоках вимірювання довжин лазерною рулеткою виконують точно і швидко, діагональні виміри контролюють правильність положення елементів. І якщо в одному циклі вимірювань частину вимірювальних операцій необхідно виконувати від стійких підстав (на значні відстані або одночасно вимірюючи кути теодолітом), а в інших немає місця для установки, саме тут важлива і зручна лазерна рулетка, яка знімається.

Для багатоповерхових будівель теодоліт потрібен при розмічуванні на фундаменті основних осей і контролю їх на чергових монтажних горизонтах, де подальші вимірювальні дії виконують виключно рулетками. Таким чином, на рівні кожного поверху, що зводиться, приблизно 5-10% часу займають точні вимірювання кутів і висот, а інше - завдання і контроль проектних відстаней

Використовуючи ефект дифузного відбиття електронні прилади скорочують трудомісткість і підвищують точність лінійних вимірювань [3]. Вони істотно міняють методики геодезичних робіт. Точні лазерні рулетки застосовні не тільки в детальних роботах, контрольних, виконавчих і інших зйомках, але і при створенні геодезичного знімального обґрунтування, локальних розмічувальних мереж з похибками довжин ліній не більш 5-10 мм. Очевидні перспективи впровадження такого приладу саме там, де потрібна висока точність на будь-якій відстані, а для ближніх цілей утруднений доступ.



а) вигляд з боку об'єктива, б) вигляд з боку окуляра.

Рис. 16 – Віддалемір DISTO A5 в кріпленні на теодоліт 4Т 30П:

## 5. ОСОБЛИВІ КОНСТРУКЦІЇ ЛАЗЕРНИХ РУЛЕТОК

Вимірювальний прилад дизайнера Huang Qiaokun.

Оригінальний лазерний вимірювальний прилад розробив дизайнер Huang Qiaokun. Прилад об'єднує в собі лазерний віддалемір і транспортер. Він виконує розрахунок і показує результат на вбудованому екрані [14].



Рис. 17 – Вимірювальний прилад Huang Qiaokun.



Рис. 18 – Демонстраційна схема вимірювань

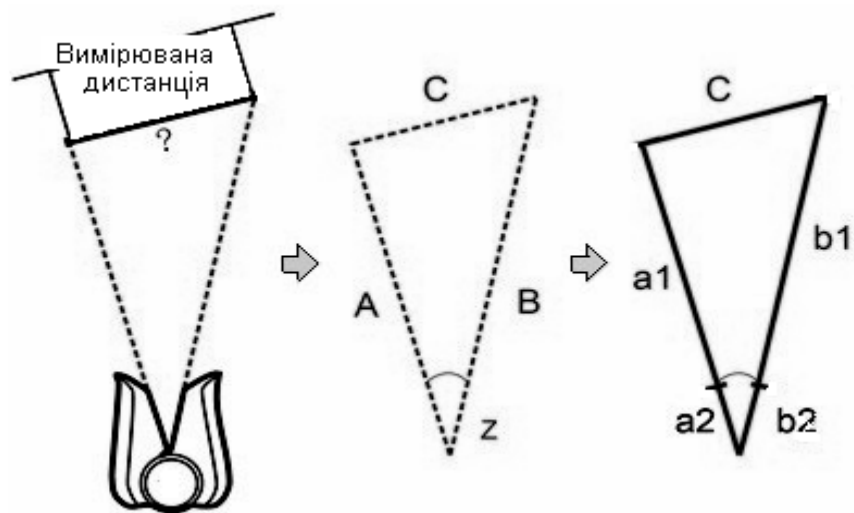


Рис. 19 – Розрахункова схема вимірювань приладом Huang Qiaokun

Розрахункові залежності, використані в приладі

$$C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos Z},$$

$a_1$  і  $b_1$  - відстань, вимірювана віддалеміром ;

$a_2$  і  $b_2$  - фіксовано;

Кут  $z$  вимірюється усередині приладу

## 6. ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ ВІДДАЛЕМІРІВ «DISTO»

### 6.1. Лазерні рулетки при топографічних зйомках

При топографічних зйомках вимірювання відстаней трудомісткі і відповідальні, об'єми великі, точність висока. Основним споживачам необхідні зйомки в масштабі 1:500, де похибка визначення пунктів в плані не перевищує 0,1 м . Її забезпечують теодолітні ходи з абсолютною нев'язкою не більш 0,3 м. Відносна нев'язка і розбіжності з двох вимірювань ліній в ходах завдовжки до 0,3 км допустимі в межах 1:1000, до 0,6 км - 1: 2000, до 0,9 км - 1: 3000 [5].

Ці допуски були встановлені при вимірюваннях сталеною стрічкою для зйомок в масштабі 1: 500. Але при щільній забудові необхідні плани з більшою деталізацією.

Сучасні портативні електронні прилади гарантують потрібну точність, комп'ютери обробляють результати зйомки і поміщають їх в банк даних ГІС.

Оскільки електронні прилади підвищують точність теодолітного ходу, стає можливим прийняти його пункти за початкові для будівельно-монтажних робіт або збільшити довжину знімального ходу. Якщо довжини сторін ходу

100- 200 м, а похибки їх вимірювання 5-10 мм, то від ліній такого ходу можна визначати взаємне положення відповідальних і чітких контурів забудови з точністю 0,01 м.



Рис. 20 – Застосування далекоміра DISTO A5 студентами ХНУМГ при тахеометричному зніманні на навчальній геодезичній практиці

## 6.2. Визначення деформацій будівельних конструкцій

При рішенні ряду інженерних задач вимагається визначати не абсолютні значення вимірюваних відстаней, а їх різниці. Різні методи таких вимірювань, зокрема негеодезичні, висвітлені в [1.2.3.8] та ін. І в цьому випадку вимірювання можуть бути виконані з використанням лазерного далекоміра типа «DISTO», комбінованого приладу «НЗК-DISTO» [10] або застосовуючи сучасний електронний тахеометр. Вибір методу вимірювань залежить від особливостей конструкції споруди, умов місцевості, умов вимірювань на об'єкті і наявності у виконавців відповідних приладів.

*Приклад 1* - визначення прогинів будівельних балок споруд, що знаходяться в експлуатації (наприклад, балок пролітних будов мостів). При великій висоті моста балки пролітних будов часто виявляються недоступні для прямих вимірювань. У таких випадках прогин балки може бути зміряний за допомогою лазерного віддалеміра.

Для цього встановлюють лазерний віддалемір в точці А під серединою балки і вимірюють вертикальні відстані  $d1$  і  $d2$  до балки відповідно до і після завантаження балки силою  $P$  (рис. 21).



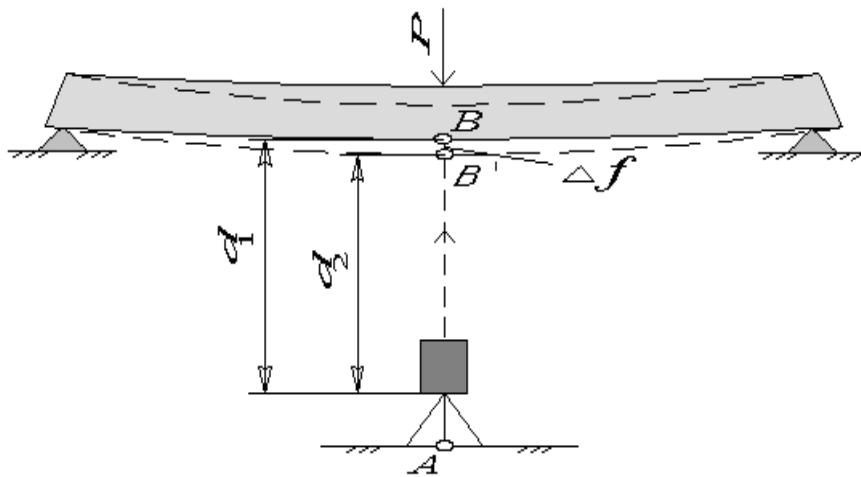


Рис. 21 – Вимірювання приросту прогину балки

Приріст  $\Delta f$  прогину балки під навантаженням:

$$\Delta f = \Delta d = d_2 - d_1 \quad (1)$$

Для визначення абсолютних значень прогинів балок під навантаженням необхідно виконати відповідні вимірювання в трьох точках балки - в двох точках на її краях і у середині.

*Приклад 2* Дослідження точності вимірювань з використанням комбінованого приладу H3K-DISTO [10].

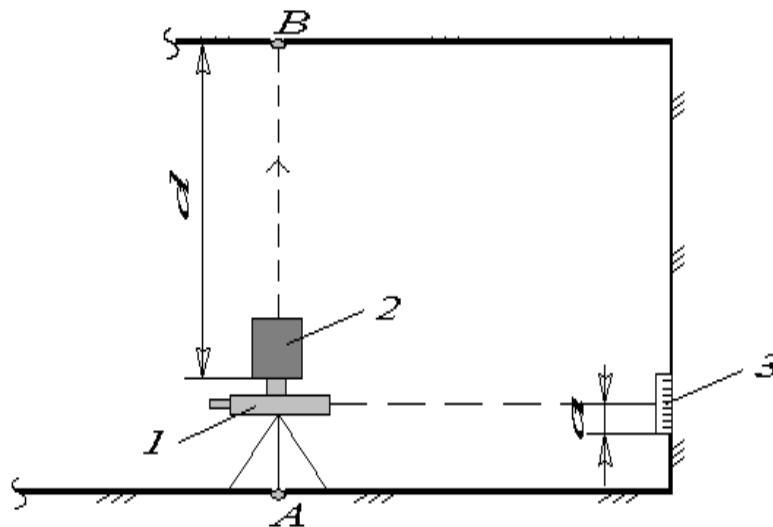


Рис. 22 – Вимірювання вертикальних відстаней з використанням нівеліра

#### *Оцінка точності вимірювань*

На підставі (1) середня квадратична погрішність визначення приросту  $\Delta f$  залежить від точності вимірювання відстаней  $md$ :

$$m_{\Delta f} = m_d \sqrt{2}. \quad (2)$$

Згідно інструкції до лазерних далекомірів типа «DISTO» ці прилади дозволяють вимірювати відстані до 100 метрів з точністю 1.5 - 3 мм без установки

відбивача на кінцевій точці вимірюваної лінії. Ця величина достатньо добре узгоджується з результатами досліджень, приведеними в роботі [2] і її можна приймати як середню квадратичну помилку одноразового вимірювання відстані віддалеміром.

При  $md = 3$  мм,  $m\Delta f = 4,2$  мм. При  $md = 1,5$  мм,  $m\Delta f = 3,0$  мм;

Аналіз реальних вимірювань [2] показав, що за сприятливих умов і гладкої поверхні балки її прогин  $\Delta f$  визначається по формулі (1) з вищою, в порівнянні з приведеним розрахунком, точністю. Це пояснюється тим, що величини  $d1$  і  $d2$  у формулі (1) однорідні, тобто вони близькі по своїх числових значеннях, мають один загальний напрям, вимірюються при нерухомому положенні далекоміра і практично однакових умовах зовнішнього середовища. За таких умов вплив різного роду систематичних помилок вимірювань, пов'язаних з приладом і зовнішнім середовищем значною мірою ослабляється при обчисленні різниці ( $d1 - d2$ ) по формулі (1).

Дослідження точності вимірювань підтвердили це припущення.

Випадкова і середня квадратична похибка одного вимірювання обчислювалась по формулах:  $\Delta_i = (a_i - a_{i-1}) - (d_i - d_{i-1})$ , (3)

$$m_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}, \quad (4)$$

де  $\Delta_i$  - абсолютна помилка  $i$ -го вимірювання,  $n$  - кількість вимірювань.

Узагальнені результати дослідження точності приведені в таблиці.

Таблиця 1 – Узагальнені результати дослідження

№ вмір.	Спосіб вмір.	Кільк. вмір.	Відстань $d$ , м	Похибка $m$ , мм		Похибка $m$ , мм
				max,	min,	
1	1	15	6	1	0	0, 6
2	1	15	5	1	0	0, 6
3	1	20	14	1	0	0, 6
4	1	15	27	1	0	0, 6
5	2	15	2	1, 2	0, 1	0, 7
6	2	15	5	1,3	0, 1	0,7

Аналіз показав, що помилки  $\Delta$ , обчислені по (3), є випадковими. Випадковий характер помилок  $\Delta$  та їх мала величина свідчать про те, що при обчисленні різниць відстаней по формулі (3) відбувається істотне взаємне виключення систематичних помилок, що містяться у відстанях  $d1$  і  $d2$ .

Таким чином, різниці однорідних горизонтальних і вертикальних відстаней, які близькі у своїх числових значеннях і мають загальний напрям, за сприятливих умов визначаються лазерним віддалеміром «DISTO» в діапазоні до 30 метрів з середньою квадратичною помилкою 0,6...0,7 мм. Це дозволило реко-

мендувати лазерні віддалеміри для вимірювання прогинів будівельних балок при їх випробуваннях та при обстеженні будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації.

Якщо поверхня балки, що відбиває лазерний промінь, має нерівності і інші дефекти то точність визначення різниць  $\Delta f$  по формулі (1) може бути вказаною в таблиці. За наявності доступу до випробовуваної конструкції, вплив нерівностей відбиваючої поверхні на результати вимірювань зменшують наклеївши на неї пластинку з гладкою поверхнею.

### **6.3. Застосування лазерного віддалеміра при реконструкції будівель і споруд**

Реконструкції об'єкту передусє комплексний аналіз існуючого стану із застосуванням методів обстеження, збору і узагальнення інформації. Результатами обстеження можуть бути ситуативний план майданчика з показаними на ньому будівлями, спорудами, інженерними мережами, спеціальні відомості обстеження, в яких відображений фактичний стан споруди і її особливості на момент початку робіт, її об'ємно-конструктивна схема зі всіма необхідними розмірами, приведений стан конструкцій і їх елементів (деформація, тріщини, корозія і ін.). Важливим також є виявлення чинників, які можуть вплинути на процес реконструкції.

Основним методом отримання необхідної інформації є натурні обміри за допомогою геодезичних приладів.

Умови будівельного майданчика при реконструкції приводять до значного збільшення трудомістких об'ємів обмірних робіт. Тому вибір оптимальних методів і приладів визначає рівень їх економічності і рентабельності.

Лазерний далекомір Disto в *ручному режимі* ефективно замінює рулетку при обмірних роботах [ 4,5,9.13.14].

При цьому використовують додаткові функції:

- *безперервне вимірювання* - трекинг для визначення максимальних або мінімальних відстаней між точкою і горизонтальною або вертикальною площинами, між точкою і внутрішнім кутом приміщення і інше.

Включивши трекинг, обертають далекомір в горизонтальній або вертикальній площині. При цьому він фіксує на дисплеї довжину відстані - перпендикуляр (рис. 1);

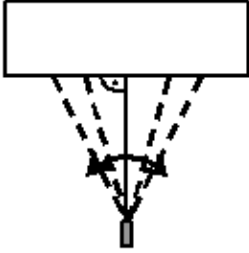
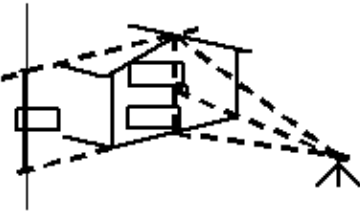
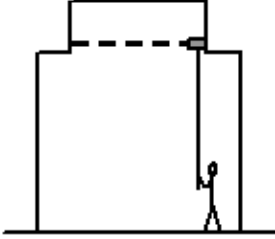
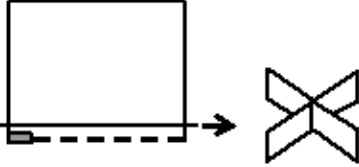
- *затримка часу* до 60 сек після включення приладу до початку вимірювання при визначенні недоступних відстаней. Тоді далекомір допомогою штанги приставляють до однієї з недоступних точок і орієнтують на іншу (рис. 2);
- *можливість введення постійної величини*, при цьому вимірюють приріст розмірів щодо цієї величини.;
- автоматичне відключення приладу для економії батареї через 90 сік після включення;

Лазерний далекомір Disto *при використуванні штатива*

- визначення висоти або ширини об'єкту непрямым методом.

- визначення периметра і об'єму приміщення без проміжних записів і обчислень

Для зовнішніх обмірів споруди необхідно мати хрестоподібну накладку на ріг будівлі, яка забезпечує перпендикулярність площини марки до лазерного променя (рис. 4).

 <p>Рисунок 23 - Визначення мінімальної відстані</p>  <p>Рисунок 25 - Визначення висоти непрямим методом</p>	 <p>Рисунок 24- Вимірювання недоступних розмірів</p>  <p>Рисунок 26 - Вимірювання зовнішніх розмірів</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

За даними [ 4,5,9 ] точність вимірювання відстаней залежить від характеристики відбивної поверхні. Тому необхідно перед вимірюваннями дослідити точність вимірювань до кожної відбивної поверхні. Дослідження на стаціонарному базисі при застосуванні стандартної марки показали, що середня квадратична похибка  $m_s$  вимірювання відстані до 100 м складає  $\pm 0,7$  мм. Ця величина однакова і постійна при вимірюванні з різними положеннями позиційної скоби і при вимірюванні від осі закріпного гвинта штатива [ 9 ] .

Технологія вимірювань без відбивачів значно підвищує продуктивність і безпеку робіт. Забезпечується можливість вимірювання об'єктів, які раніше були недоступні або небезпечні, такі як обриви, греблі, гірські виробки і забої, завантажені магістралі і ін. З новою технологією стала можливою фасадна зйомка будівель. Виконання роботи одним виконавцем значно знижує вартість робіт. Безконтактні вимірювання на автомобільних дорогах і залізницях знижують травматизм і підвищують безпеку при роботі.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Інформаційні повідомлення приладу

Всі коди, що виводяться на дисплей, про повідомлення супроводжуються символами "InFo" (Інформація) або "Error" (Помилка).

Наступні помилки можуть бути виправлені:

InFo	Причина	Спосіб усунення
<b>204</b>	Помилка обчислення	Повторити процедуру
<b>206</b>	Помилка положення позиційної скоби	Перевірити правильність установки нижньої кришки приладу і позиційної скоби. Якщо помилка повторюватиметься, замінити деталі, що вийшли з ладу.
<b>252</b>	Перегрів приладу	Охолодити прилад
<b>253</b>	Переохолодження приладу	Зігріти прилад
<b>255</b>	Дуже слабкий відображений сигнал, час вимірювання або відстань дуже велике > 100 m	Використовувати візирну пластину
<b>256</b>	Відображений сигнал дуже сильний	Використовувати візирну пластину (сіру сторону)
<b>257</b>	Неправильне вимірювання, дуже яскраве фонове освітлення	Використовувати візирну пластину (коричневу сторону)
<b>260</b>	Перешкода лазерному променю	Повторити вимірювання
<b>F</b>	Помилка приладу	Кілька разів підряд включити і вимкнути прилад. Потім перевірити, чи з'явилося знову повідомлення про помилку. Якщо повідомлення про помилку не зникло, звернутися в сервісну службу авторизованого представника виробника приладу.

## Технічні характеристики Disto A-5.

Дальність вимірювання (для довших відстаней використовують візирну пластину)	від 0.05 m до 200 m
Точність вимірювання до 30 m (2-х стандартне відхилення. Кімнатна температура)	min $\pm 1.5$ mm
Якнайменша використовувана одиниця вимірювання	1 mm
Клас лазерного приладу	II
Тип лазера	635 nm, < 1 mW
Ø лазерної плями (на відстані)	6/30/60 mm (10/50/100 m)
Автоматичне відключення лазера	3 мін.
Автоматичне відключення приладу	6 мін.
Вбудований оптичний візир	2-х кратне збільшення
Підсвічування дисплея	+
Інтегрований рівень	+
Наявність багатофункціональної позиційної скоби	+
Таймер	+
Просте одиночне вимірювання	+
Максимальна і мінімальна відстані, безперервне вимірювання	+
Збереження змірених величин	20 значень
Можливість непрямих вимірювань (функція Піфагора)	+
Пам'ять	+
Можливість обчислення площі/ об'єму	+
Складання/віднімання	+
Різьбовий отвір для штатива	+
Тривалість служби елементів живлення, Тип AA, 2x1.5V	до 10 000 вимірювань
Клас IP	IP 54 водо-і пилозахищеність
Габаритні розміри	148x64x36 mm
Вага (з елементами живлення)	241 г
Температурний діапазон: Зберігання Експлуатація	-25°C + 70°C -10°C + 50°C

## Стандарти лазерної безпеки

Прилад Leica DISTO™ A5 відноситься до 2 класу лазерів по IEC60825-1 : 2001 и EN60825-1 : 2001 та II класу лазерів по FDA21 CFR Глава 1 § 1040

Не дивлячись на високий рівень енергії в імпульсному методі, далекоміри, що використовують цей метод, задовольняють найвищим стандартам лазерної безпеки і мають відповідну класифікацію. Випромінювані лазерні імпульси, хоча і мають достатню потужність для вимірювання на сотні метрів, мають коротку тривалість і тому не накопичують енергію. Безперервне лазерне випромінювання, яке іноді використовується для розширення дальності фазових далекомірів, може привести до накопичення небезпечної для очей енергії. У більшості геодезичних інструментів використовуються лазери Класу 1, і Класу 2

*Лазерне випромінювання Класу 2*

Лазери Класу 2 випромінюють видимий лазерний пучок, який може становити небезпеку для очей при прямому попаданні. Користувачі повинні також піклуватися про уникнення прямого попадання променя в оптичні прилади, такі як біноклі або інші геодезичні інструменти.

Лазери Класу 2, як правило, безпечні для використання в публічних місцях (де і ведуться знімальні роботи) без жодних запобіжних спеціальних засобів, за винятком попередження прямого попадання променя в очі. Інструкції не вимагають використання застережних знаків, звукових сигналів або спеціального навчання персоналу для роботи з лазерами цього класу.

Польові випробування безвідбивного віддалеміра

При оцінці якості вимірювань безвідбивного віддалеміра необхідно виконати декілька тестів для підтвердження заявлених виробником характеристик.

*1. Для тестування дальності вимірювань:*

1.1 вибирається група об'єктів на відстані до 600 метрів і визначається, до яких з них можуть бути виконані вимірювання **безвідбивним віддалеміром**.

*2. Для тестування ефекту расходимості променя і точності:*

2.1 предмет невеликого розміру (олівець) закріплюється на деякій відстані перед стіною.

2.2 виконується вимірювання відстані до предмету.

2.3 олівець прибирають і вимірюють відстань до стіни.

2.4 різниця двох вимірювань порівнюється з відомою відстанню між стіною і олівцем.

Одержана по DR-технології розбіжність не залежить від розміру плями.!

*3. Для тестування ефекту расходимості променя і точності:*

3.1 вимірювання до ліній електропередач і телефонних дротів на різних відстанях.

4. Тестування віддалемірів на чутливість до переривання сигналу можна провести, виконуючи вимірювання відстаней через завантажену транспортом дорогу.

Необхідно перевіряти точність вимірювань на відомих базисах і порівнювати типовий час вимірювань на різних відстанях: при зйомці тисячі точок в день цей параметр істотно впливає на продуктивність робіт.

#### *4. Точне вимірювання до кута*

Всі безвідбивні віддалеміри, імпульсного або фазового типу, неминуче матимуть похибки при вимірюваннях до внутрішніх або зовнішніх кутів в результаті расходимості пучка при його розповсюдженні від джерела. Коли лазерний промінь направлений точно на кут, частину його випромінювання перевідбивається від стін перш, ніж від центральної точки кута. В результаті цього ефекту найточнішим способом буде непряме вимірювання, об'єднуюче вимірювання кутів і відстаней.

## Додаток Д

Можливе застосування лазерних віддалемірів для вирішення інженерних задач

### *Виробничі площі: розмітка ділянок і трас*

1. Прилади забезпечують вимірювання відстаней, обчислення площі і об'ємів, необхідних для технічного обслуговування. з необхідною точністю,
2. Обчислення висоти або ширини об'єктів із застосуванням тригонометричних формул при звірці технічної документації (будівельних і архітектурних креслень), виконаної методами автоматизованого проектування.
3. Визначення істинної площі приміщення або об'єкту, а також перевірка паралелі сторін і відповідності будови експлуатаційним нормам.
4. Вимірювання висоти стель з метою вибору устаткування відповідного розміру.
5. Вимірювання довжини підкранових колій.

### *Системи захисту*

6. Вимірювання відстані від машин до протипожежного устаткування
- 6.1 Вимірювання рівня води в протипожежних місткостях.

### *Ефективна експлуатація конвейєрних систем*

7. Визначення довжини конвейєрних стрічок перед монтажем або при його проведенні.
8. Обчислення продуктивності конвейєра по довжині конвейєрної стрічки.

### *Ефективна експлуатація місткостей*

9. Вимірювання рівня наповнення місткостей і перевірка точності датчиків рівня заповнення, встановлених в резервуарах.
10. Вимірювання рівня води у водозабірних спорудах електростанцій.
11. Визначення кута нахилу при прокладці трубопроводних систем.

### *Будівництво*

12. Визначення відстаней у верхній частині будівель для обчислення довжини ринв.



13. Вимірювання відстаней від дорожнього полотна і ліній меж приватної власності з метою дотримання місцевих будівельних норм і правил.
14. Визначення кількості будівельних матеріалів (стійок каркаса, фанери), необхідних для зведення будівлі.
15. Обчислення необхідної кількості ізоляційних матеріалів.
16. Визначення довжини відведень, необхідних для систем очищення.
17. Обчислення довжини траншей і глибини котлованів.

## Додаток Е

### Технічні характеристики лазерних віддалемірів

Модель, фірма	Дальність, м	Середня кв. похибка		Збільш труби	Маса кг
		ліній, мм	кутів		
TPS-00, Leica	80 (3000)	2+2	1	30	4,4
SET- 4110R, Sokkia	100 (4000)	3+3	2	30	5,6
GPT-1000, Topcon	130 (6000)	3+2	5	26	5,9
NPL-820, Nicon	100 (5000)	3+3	3	26	5,9
TTS-300, Trimble	250 (6000)	5+3	3 -5	30	4,8
600S-DR	400 (5500)	3+3	1- 0,1	26	7,4

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Аронов Р.И. Испытание сооружений / Р. И. Аронов – М.: Выс. шк., 1974. – 187 с.
2. Беляков Ю.И. Строительные работы при реконструкции предприятий / Ю. И. Беляков – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
3. Ганышин В.Н. Геодезические работы при реконструкции промышленных предприятий / В. Н Ганышин., Б. И., Коськов, И. М. Репалов – М.: Недра, 1990. – 149 с.
4. Визиров Ю.В. Лазерный уровень и рулетка фирмы LEICA/ Ю.В. Визиров // Промышленное строительство. – 1997. – № 5. – С. 60-61.
5. Визиров Ю. В. Электронная съемка и обследование геометрии тоннеля/ Ю. В. Визиров. // Геодезия и картография. – 1999. – № 10. – С. 20-25.
6. Визиров Ю. В. Тахеометрия диффузного отражения — достоверность, экономичность, безопасность / Ю. В. Визиров // Тр. МИИТ. – 2001. – С. 58- 59.
7. Ершов В. В. Исследование лазерной рулетки ММ 30/ В. В. Ершов, В. А. Калмыков, С. А. Налетов, С. А. Хаметов // Геодезия и картография. – 2003, №6. – С. 16 – 19.
8. Ключниченко Визиров Ю.В. Е.Е. Реконструкция жилищной застройки. Техничко-економическое обґрунтування./ Е. Е. Ключниченко. – К.: КНУБА, 2000. – 248с.
9. Литвин Г. М. Геодезичні роботи при реконструкції будівель і споруд / Г. М. Литвин.// Містобудування та територіальне планування. – 2003. – №14. – С. 85-89
10. Соустин В. Н. Передача отметок безотражательным дальномером и нивелиром / В. Н. Соустин // Геодезия и картография, 2001, № 5. – С. 15 – 18.
11. Чернышов В. Ф., Гладкий В. И. Инженерно-геодезические изыскания для реконструкции промышленных сооружений / В. Ф. Чернышов, В. И. Гладкий. – М.: Недра, 1988. – 160 с.
12. Руководство пользователя Leica Geosystems AG CH-9435 Heerbrugg (Switzerland) [www.disto.com](http://www.disto.com).
13. R. Høglund, P. Large, Технология безотражательных измерений DR для геодезистов и инженеров-строителей Trimble Integrated Surveying Group, Westminster, Colorado, USA, Перевод НПП "НАВГЕОКОМ" 2006.

**ПЕНЬКОВ** Володимир Олексійович

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсів «Геодезія», «Інженерна геодезія», «Топографія» (для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 "Будівництво", напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» і для студентів 2 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2012, поз 73М

---

Підп. до друку 23.07.2013 р.  
Друк на ризографі  
Зам. №

Формат 60x84/1/16  
Ум. друк. арк. 1,2  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002,

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.